

## Lämmittimen suunnittelu

Kaisa Tervahauta

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö  
Konetekniikka  
Insinööri (AMK)

KEMI 2012

## ALKUSANAT

Kiitän Reinor Oy:n toimitusjohtajaa Ahti Söyrinkiä ja Ari Pikkaraista Kemi-Tornion Ammattikorkeakoulusta kaikesta saamastani avusta opinnäytetyöni tekemisessä.

Kiitän myös kaikkia muita henkilöitä, jotka ovat auttaneet opinnäytetyössäni.

Torniossa 16.4.2013

## TIIVISTELMÄ

## KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU, Tekniikka

Koulutusohjelma:	Konetekniikka
Opinnäytetyön tekijä:	Kaisa Tervahauta
Opinnäytetyön nimi:	Lämmittimen suunnittelu
Sivuja (joista liitesivuja):	37 (7)
Päiväys:	16.4.2013
Opinnäytetyön ohjaaja:	Ins. (YAMK) Ari Pikkarainen
<p>Opinnäytetyön aiheena oli lämmittimen suunnittelu Reinor Oy:lle. Lämmittimen tehtävänä on kuumentaa komposiittilevyt noin 200 °C:seen. Kuumennettuja komposiittilevyjä käytetään sisustuselementtien valmistuksessa. Esimerkkinä sisustuselementistä on traktorin sisäkatto.</p> <p>Lämmittimen suunnitteluun päädyttiin, koska markkinoilta ei löydy vastaavaa lämmitintä. Nykyinen lämmitin on toiminut hyvin, joten opinnäytetyössä suunniteltiin uusi lämmitin sen pohjalta. Suunnittelussa otettiin huomioon tehtävät parannukset laitteeseen. Suunnittelun aikana huomioitiin lämmittimen turvallisuus ja kunnossapitoasiat. Lämmittimeen tehtävien ratkaisujen löytyessä aloitettiin uuden lämmittimen suunnittelu.</p> <p>Työssä käsiteltiin myös sisustuselementtejä, niiden käyttökohteita, ominaisuuksia ja niihin käytettäviä materiaaleja. Lisäksi tarkasteltiin sisustuselementtien valmistusprosessia ja lämmitykseen liittyvää teoriaa.</p> <p>Tuloksena saatiin valmiit työpiirustukset lämmittimestä. Työpiirustusten perusteella lämmitin voidaan rakentaa. Lämmittimen valmistamisesta päättää Reinor Oy.</p>	
Asiasanat: ilmalämmitys, materiaalit, komposiitit.	

## ABSTRACT

## KEMI-TORNIO UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Technology

Degree programme:	Mechanical Engineering
Author:	Kaisa Tervahauta
Thesis title:	Design of Heater
Pages (of which appendixes):	37 (7)
Date:	16 April 2013
Thesis instructor:	Ari Pikkarainen, MEng
<p>The subject of the final project was to design a heater for Reinor Oy. The function of the heater is to heat composite sheets to approximately 200 degrees Celsius. Heated composite plates are used in the manufacturing of interior design elements. An ex-ample of the use of these elements is a tractor ceiling.</p> <p>The design of a new heater was chosen because a suitable heater was not available on the market. The heater currently in use has been working well, so it served as a basis for the new design. The design took into account the improvements needed. During the design, was paid to special attention safety and maintenance issues. As the solutions for the functions needed in the new heater were found, the design of the new heater began.</p> <p>The final product included also different design elements, their uses, characteristics and their materials. In addition, the process of manufacturing interior materials and the theory of heating were examined.</p> <p>As a result, complete technical drawings of the heater were produced. These drawings can be used in the manufacture of the new heater. The decision of possible manufacturing is made by Reinor Oy.</p>	
Keywords: air heating, material, composites.	

## SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ .....	3
ABSTRACT .....	4
SISÄLLYS .....	5
1 JOHDANTO .....	6
2 REINOR OY .....	7
3 SISUSTUSELEMENTIT .....	8
3.1 Käyttökohteita .....	8
3.2 Ominaisuudet .....	9
4 MATERIAALIT .....	11
4.1 RTC .....	12
4.2 Muut materiaalit .....	13
5 VALMISTUSPROSESSI .....	14
5.1 Esivalmistelut ja lämmitys .....	14
5.2 Puristus ja viimeistely .....	15
6 ILMAN KIERRÄTTÄMINEN JA LÄMMITTÄMINEN .....	16
6.1 Ilman lämmittäminen .....	16
6.2 Puhallin ja moottori .....	16
7 NYKYINEN LÄMMITIN .....	18
7.1 Toimintaperiaate .....	18
7.2 Rakenne ja ongelmat .....	18
8 LÄMMITTIMEN SUUNNITTELU .....	20
8.1 Ilman virtaus lämmittimessä .....	20
8.2 Arina .....	21
8.3 Lämmitin .....	22
9 TURVALLISUUS .....	25
9.1 Materiaaliturvallisuus .....	25
9.2 Sisustuselementtien paloturvallisuus .....	25
9.3 Lämmittimen käyttö turvallisuus .....	26
10 KUNNOSSAPITO .....	27
10.1 Lämmitin .....	27
10.2 Moottori ja puhallin .....	27
11 POHDINTA .....	28
LÄHTEET .....	29

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni aiheen antoi Reinor Oy. Tehtävänäni oli suunnitella lämmitin, jota Reinor Oy käyttää komposiittilevyjen lämmitykseen osana sisustuselementtien valmistusprosessia. Reinor Oy valmistaa erilaisia sisustuselementtejä, joita se tekee ajoneuvoihin ja työkoneisiin. Esimerkkinä sisustuselementistä on traktorin sisäkatto.

Sisustuselementtien koot ovat suurentuneet, joten Reinor Oy:n nykyinen lämmitin on käynyt liian pieneksi. Uuden lämmitin suunnitteluun päädyttiin, koska markkinoilla ei ole myytävänä vastaavanlaista lämmitintä. Nykyinen lämmitin on kuitenkin toiminut hyvin, joten päätettiin suunnitella uusi lämmitin sen pohjalta. Suunnittelussa otettiin huomioon myös muut parannusehdotukset lämmittimeen.

Päätavoitteet työlleni asetti lämmittimeen vaaditut parannusehdotukset. Suunnittelemani lämmitin tuli olla tarpeeksi suuri, sen arinakelkan liikkuvuutta täytyi parantaa, puhdistusta tuli helpottaa ja lisäksi ilman virtausta lämmitin sisällä tuli muuttaa. Työni teoria osuus rajattiin käsittelemään sisustuselementeissä käytettäviä materiaaleja ja lämmitysprosessia. Tarkoituksena oli suunnitella uuden lämmitin valmistuspiirustukset, jotta Reinor Oy voi valmistaa lämmitin. Työhöni ei kuulunut tarjousten pyytäminen, joten lämmitin valmistuskustannuksia ei työssäni käsitellä.

## 2 REINOR OY

Reinor Oy on keminmaalainen yritys, jonka perustettiin vuonna 1989. Yrityksen perustajat ovat Ahti Söyrinki, Vesa Söyrinki, Arno Juntura, Heikki Koivurova ja Kay Rökman. Yritys on Laurilan asennuksen tytäryhtiö. Laurilan asennus ja Reinor Oy toimivat samoissa tiloissa ja työllistävät nykyään yhteensä 9 henkilöä. Reinor Oy:n liikevaihto on noin 1 milj. €/vuosi.

Yritys sai liikeideansa lomamatkalla Sveitsissä. Sveitsissä oli tehdas, joka valmisti penkkejä automaattilinjalla. Penkkien valmistuksessa käytettiin Ahlström Glassfibre Oy:n valmistamaa RTC (Reinforced Thermoplastic Composite) -komposiittia. Ahlström Glassfibre Oy on suomalainen yritys. Lomamatkan jälkeen tehtiin vierailu Ahlström Glassfibre Oy Suomen-tehtaaseen, jossa tutustuttiin tarkemmin RTC -komposiittiin.

Alkuperäisenä ideana yrityksellä oli puristaa ainoastaan RTC -komposiittia haluttuun muotoon. Aluksi yritys teki mm. kanootin istuinaukon suojia, joita meni Australiaan, Uuteen Seelantiin ja Englantiin. Alkuaikoina yritys tarjosi myös suunnittelupalvelua, joka lopetettiin myöhemmin. Reinor Oy suunnitteli sisustuksia asiakkaidensa valmistamiin runkoihin.

Reinor Oy:n ensimmäinen pitkäaikainen projekti oli Puolustusvoimien Pasi-ajoneuvojen sisustuselementtien valmistus. Kehitysprojektissa olivat mukana Ahlström, Puolustusvoimat, Reinor, Tekes, KTM ja Finnvera. Kehitysprojektin tuloksena oli nykyinen sisustuselementtien rakenne, jossa on RTC-komposiitin lisäksi myös tausta ja päällysmateriaali.

Nykyisin yritys tekee enimmäkseen työkoneiden sisustuselementtejä. Lyhytsarjatuotteiden valmistus onnistuu laadukkaasti ja taloudellisesti. Asiakkaat ovat pääasiassa Keski-Euroopasta. Tulevaisuudessa yritys alkaa myydä pakettina prässää, lämmitintä, vesileikkausrobotteja ja tietotaitoa sisustuselementtien valmistuksesta.

### 3 SISUSTUSELEMENTIT

Sisustuselementit ovat esteettisesti ja teknisesti oiva ratkaisu erilaisten ajoneuvojen sisustusratkaisuna. Elementtien avulla luodaan ajoneuvojen ohjaamosta viihtyisämpiä ja hiljaisempia. Elementit ovat lujia muotoon prässättyjä ja vesileikkauksella viimeisteltäviä sisustuselementtejä, joihin tehtyjen muotojen ja aukkojen mitat ovat tarkasti kohdillaan. Elementit säilyttävät halutun muodon jopa -40°C:sta aina +120°C:een. (Reinor Oy, hakupäivä 13.3.2013)

#### 3.1 Käyttökohteita



**Kuva 1 Sisustuselementeillä viihtyisäksi sisustettu työkoneen ohjaamo (Reinor Oy, hakupäivä 15.3.2013)**

Sisustuselementeillä voidaan verhoilla ohjaamon seinät, ovet ja katto, jotta työympäristöstä tulee viihtyisä (kuva 1). Sisustuselementteihin voi myös valita erilaisia pintamateriaaleja, kuten nahkaa tai huopaa. Elementit myös taipuvat monenlaiseen muotoon ja niihin voi tehdä erilaisia aukkoja. Esteettisyyttä ja työturvallisuutta parantaa myös se, että elementtien taakse saa piiloon esimerkiksi johdot. (Söyrinki 7.11.2012, haastattelu)



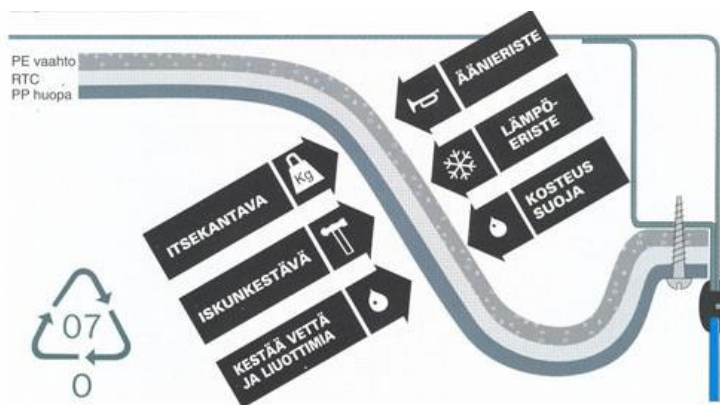
Sisustuselementtejä voidaan myös käyttää istuimina, jolloin ominaisuuksista mm. lujuus ja hyvä rasituskestävyys ovat todella tarpeellisia. Reinor Oy:n valmistamia sisustuselementtejä ja istuimia on käytössä mm. Puolustusvoimien Pasi-ajoneuvoissa (kuva 2). (Reinor Oy, hakupäivä 13.3.2013)



**Kuva 2 Sisustuselementtejä ja istuimia puolustusvoimien ajoneuvossa. (Reinor Oy, hakupäivä 13.3.2013)**

### 3.2 Ominaisuudet

Sisustuselementit koostuvat kolmesta eri materiaalista. Runkomateriaalina elementeissä on aina RTC (Reinforced Thermoplastic Composite) (kuva 3). RTC antaa sisustuselementeille sen ominaisuudet, joita ovat mm: lujuus, jäykkyys, veden ja kemiallisten aineiden kesto, lämmöneristys ja hyvä rasituskestävyys. (Reinor Oy, hakupäivä 13.3.2013)



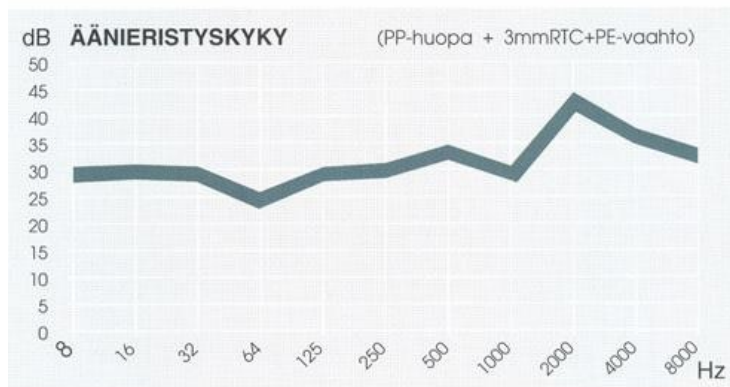
**Kuva 3 Sisustuselementin rakenne (Reinor Oy, hakupäivä 13.3.2013)**



**Kuva 4 Ohjaamon katon sisustuselementti (Reinor Oy, hakupäivä 13.3.2013)**

Sisustuselementit kestävät ominaisuuksiensa vuoksi myös ulkoisia kuormituksia. Elementteihin on helppo kiinnittää erilaisia varusteita, kuten kaiuttimia tai valoja (kuva 4). Elementteihin voidaan tehdä erilaisia luokkuja, joista pääsee käsiksi elementtien takana oleviin johtoihin. Aukot eivät heikennä elementtien ominaisuuksia. (Reinor Oy, hakupäivä 13.3.2013)

Sisustuselementtien lämpölaajenemiskerroin on lähes sama kuin alumiinilla, joten niiden pituusvaihtelut ovat lähes samanlaiset eri lämpötiloissa. Tämä mahdollistaa sisustuselementtien kiinnityksen suoraan runkorakenteisiin, jolloin elementit myös eristävät ääntä. Elementtien ääneneristyskykyä on tutkinut Wärtsilän teknillisen oppilaitoksen teknologiapalvelut vuonna 1993. Keskimääräinen äänieristyskyky on n.30dB (Kuva 5). (Reinor Oy, hakupäivä 13.3.2013; Wärtsilän teknillinen oppilaitos Teknologiapalvelut, 1993)



**Kuva 5 Sisustuselementtien ääneneristyskyky (Reinor Oy, hakupäivä 13.3.2013)**

#### 4 MATERIAALIT

Sisustuselementeissä käytetään kolmea eri materiaalia. Elementtien runkomateriaalina on aina RTC- kestopuovikomposiitti. Pintamateriaaliksi on tarjolla erilaisia ajoneuvo-tekstiilejä, kuten nahkaa, kangasta ja huopaa. Pintamateriaalit antavat sisustuselementille sen pinnanlaadun ja -ominaisuudet. Taustamateriaaleja ovat vaahtomuovi ja huopa. Taustamateriaalit voivat parantaa sisustuselementtien teknisiä ominaisuuksia, kuten ääni- ja lämmöneristystä. (Söyrinki 7.11.2012, haastattelu)

Tausta- ja pintamateriaalien on oltava sukulaisaineita RTC- komposiitille. RTC- komposiitti luokitellaan polymeerimateriaaliksi, johon myös tausta- ja pintamateriaalien täytyy kuulua. Koska materiaalit kuuluvat saman materiaaliryhmään, mahdollistaa se liitoksen ilman liimoja. Materiaalit liitetään puristimessa, jossa ne hitsaantuvat yhteen lämmön ja paineen vaikutuksella. Tausta- ja pintamateriaalit eivät saa olla missään nimessä öljypohjaisia, jotta liitos onnistuu. (Söyrinki 7.11.2012, haastattelu)



**Kuva 6 Materiaalina huopa, RTC ja vaahtomuovi (Reinor Oy, hakupäivä 14.3.2013)**

#### 4.1 RTC

RTC (Reinforced Thermoplastic Composite) on kokonaan kierrätettävä materiaali. Materiaali ei ole haitallinen normaaleissa olosuhteissa, mutta tapaturmaisen lämpöhajoamisen tila voi olla haitallinen. Hajoamislämpötila on alle 300°C. Materiaali ei ole helposti syttyvää, eikä se liukene rasvaan eikä veteen. (Reinor Oy, hakupäivä 13.3.2013; Ahlstrom Glassfibre Oy, 2001)

RTC-U900-20W komposiittia valmistaa ainoastaan Ahlström Glassfibre Oy. RTC-komposiitti sisältää 20 % E-lasikuitua, 79,5 % polypropeenijauhetta ja 0,5 % sideaineita. Sideaineena on käytetty lateksia ja lisäaineena antioksidanttia. Väriltään RTC on valkoista ja sen nimellinen neliöpaino on 900g/m<sup>2</sup>. Käyttölämpötila-alue on -40 °C - +120 °C. Materiaalin iskutkeys on lähes muuttumaton -40 °C:seen asti, kuten taulukosta 1 voidaan havaita. (Ahlstrom Glassfibre Oy, 2011; Ahlstrom Glassfibre Oy, 2001)

RTC on polypropeenipohjainen, joten sillä monia hyviä ominaisuuksia. Polypropeenin ansioista RTC omaa hyvän kemiallisen ja rasitus kestävyys. RTC on lähes vesitiivistä, koska siihen imeytyy vain hyvin vähän vettä. Polypropeenin tuo myös RTC:lle jäykkyyttä, huonon lämmönjohtavuuden ja hyvän väsymiskestävyys. Huonon lämmönjohtavuuden vuoksi RTC toimii myös lämmöneristeenä. RTC:n sisältämä lasikuitu parantaa komposiitin jäykkyyttä ja lujuutta. (Muovityöstö Kivelä Oy 2011, hakupäivä 14.3.2013)

**Taulukko 1 RTC -komposiitin ominaisuuksia (Reinor Oy, hakupäivä 14.3.2013)**

<b>Lämpölaajenemiskerroin</b>	<b>30x10<sup>-6</sup>1/K</b>
<b>Kimmomoduuli (veto)</b>	<b>4000 N/mm<sup>2</sup></b>
<b>Vetolujuus</b>	<b>75 N/mm<sup>2</sup></b>
<b>Iskulujuus</b>	<b>45 KJ/m</b>
	<b>47KJ/m</b>

#### 4.2 Muut materiaalit

Nahkaa käytetään pintamateriaalina. Nahkaa on useita eri paksuuksia ja värejä. Erilaisista nahkamateriaaleista valitaan laatuja, jotka ovat joustavia eri suuntiin. Joustavilla nahkamateriaaleilla varmistetaan, ettei nahkaan tule helposti erilaisia pintavirheitä, kuten repeämiä ja vekkejä (kuva 7). (Söyrinki 7.11.2012, haastattelu)



**Kuva 7 Puristuksessa tulleita pintavirheitä**

Kangasta käytetään pintamateriaalina. Kangasmateriaalit ovat haastavia, koska RTC-komposiitin lasikuidut tulevat siitä helposti läpi ja tekevät kankaasta kovan tuntuisen. Kankaissa suositaan paksuja laatuja, jotta lämpimän RTC -komposiitin lasikuidut eivät läpäisisi kangasta. (Söyrinki 7.11.2012, haastattelu)

Ajoneuvotekstiilejä kuten polyesteripohjaista huopaa käytetään sekä pinta- että taustamateriaalina. (Söyrinki 7.11.2012, haastattelu)

Vaahtomuovia käytetään taustamateriaalina, jossa se toimii ääni- ja lämmöneristeenä. Sen tilavuus on 67 kg/m<sup>3</sup> ja paksuus 2 mm. Lämpö ja auringonvalo voivat muuttaa vaahtomuovin väriä tai sen mekaanisia ominaisuuksia. Vaahtomuovi ei ole vedenkestävää. Vaahtomuovin takana on muovikalvo. Muovikalvo kestää maksimissaan 140 °C lämpöä ja vaahtomuovi 200 °C. Vaahtomuovilevyille on siksi annettu maksimikäyttölämpötilaksi 120 °C. (Söyrinki 7.11.2012, haastattelu; Gislaved Folie AB 2007; Gislaved Folie AB 2001)

## 5 VALMISTUSPROSESSI

Sisustuselementtien valmistusprosessi alkaa, kun asiakas toimittaa haluamansa sisustuselementtien valmistuskuvat. Asiakas myös valitsee tausta- ja pintamateriaalit. Seuraavaksi Reinor Oy tilaa alihankkijalta valmiit muotit kullekin sisustuselementille. Muotit valmistetaan sisustuselementtien valmistuskuvien avulla, jolloin mitat ja muodot saadaan tarkasti kohdilleen. (Söyrinki 7.11.2012, haastattelu)

### 5.1 Esivalmistelut ja lämmitys

Tilatusta sisustuselementtiensarjasta valmistetaan elementit siten, että kukin elementti tehdään omana sarjanaan. Sisustuselementin muotit kiinnitetään prässiin valmiiksi. Elementtiin valitut materiaalit leikataan muotin kokoa suuremmaksi, jotta ne saadaan asetettua tiukasti puristimen muottien väliin. Leikatut pinta- ja taustamateriaalit asetetaan vierekkäin tasolle lämmittimen viereen (kuva 8). (Söyrinki 7.11.2012, haastattelu)



**Kuva 8 Pinta- ja taustamateriaalit odottavat kerrostamista**

RTC – komposiittilevyt leikataan samankokoisiksi levyiksi kuin muutkin materiaalit. RTC- komposiittilevyjä kerrostetaan päällekkäin 2-3, riippuen muodosta ja valituista pinta- ja taustamateriaalista. Komposiittilevypino nostetaan arinan päälle, joka työnnetään lämmittimen sisälle. Komposiitin lämmitys aste on 200 °C-220 °C, joka vaihtelee pintamateriaalin mukaan. Nahka vaatii suuremman komposiitin lämpötilan kuin huopa. Lämmitys aika on 5-6 minuuttia ja se vaihtelee RTC- komposiitin kerrosten lukumäärän mukaan. (Söyrinki 7.11.2012, haastattelu)



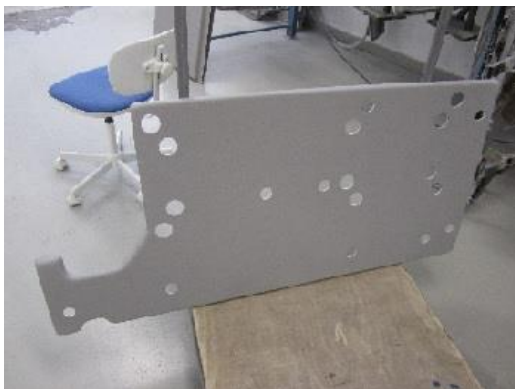
## 5.2 Puristus ja viimeistely

Lämmitetty RTC- komposiitti nostetaan tasolla odottavan pintamateriaalin päälle. Päälimmäiseksi nostetaan taustamateriaali, jonka jälkeen materiaalapino käännetään ympäri ja nostetaan puristimen muottiin. Materiaalit kiristetään muotin kahdelta reunalta ja puristetaan kasaan. Lämmön ja puristuksen ansiosta materiaalit hitsaantuvat yhteen. Puristimesta sisustuselementti nostetaan odottamaan vesileikkausta (kuva 9). (Söyrinki 7.11.2012, haastattelu)



**Kuva 9 Viimeistelyä odottava sisustuselementti**

Elementit viimeistellään vesisuihkuleikkaamalla, jolloin aukot ja kappaleen muodot saadaan täsmälleen oikeisiin kohtiin (kuva 10). Viimeistelyn jälkeen sisustuselementit varastoidaan odottamaan koko tilatun sisustuselementtisarjan valmistumista. Kaikkien sisustuselementtisarjan osien valmistuttua lähetetään ne asiakkaalle. (Söyrinki 7.11.2012, haastattelu)



**Kuva 10 Viimeistelty sisustuselementti**

## 6 ILMAN KIERRÄTTÄMINEN JA LÄMMITTÄMINEN

Lämmitin toimii kiertoilmalla. Ilmaa kierrätetään lämmittimessä ns. hullunkierrolla. Ilma lämmitetään haluttuun lämpötilaan, ennen kuin se ohjataan takaisin lämmittimeen. Ilmaa lämmitetään sähkövastuksilla ja liikutetaan keskipakopuhaltimella kanavia pitkin. (Söyrinki 7.11.2012, haastattelu)

### 6.1 Ilman lämmittäminen

Lämpöä siirtyy kolmella eri tavalla: johtumalla, konvektiolla ja säteilemällä. Sähkövastuksilla lämmitettäessä ilma lämpenee sekä konvektiolla että säteilemällä. Sähkövastukseen johdettu sähkövirta kuumentaa vastuksen. Kuumennettu sähkövastus pyrkii tasoittamaan lämpötilaeroa viileämpään ilmaan ja luovuttaa sille lämpöä. (Seppänen 2001. 57–67)

Konvektiossa lämpö siirtyy sähkövastuksen pinnasta ohi virtaavaan ilmaan. Ilman virtausta tehostamalla esim. puhaltimella saadaan myös lämmönsiirtymistä parannettua. Sähkövastus, kuten myös muutkin kappaleet, lähettää lämpösäteilyä lämpötilan perusteella. Lämpösäteilyssä energiaa siirtyy kappaleelta toiselle ilman väliainetta. (Seppänen 2001. 57–67)

Reinor Oy on aikaisemmin lämmitänyt komposiittilevyjä infrapunalämmittimillä. Infrapunalämmittimet säteilevät lämpöä, mutta vasta lämpösäteilyn osuessa kappaleeseen se muuttuu lämmöksi. Konvektiota ei lämmittimissä juurikaan tapahdu. Infrapunalämmittimen lämpöä ei katoa juuri lainkaan matkalla. Ongelmaksi infrapunalämmittimissä tuli niiden kestävyys ja kallis investointi suhteessa käyttöikänsä. Tästä syystä Reinor Oy halusi pysyä nykyisessä järjestelmässä, jossa ilmaa lämmitetään sähkövastuksilla. (Söyrinki 7.11.2012, haastattelu; Oy Callidus Ab. Hakupäivä 16.4.2013)

### 6.2 Puhallin ja moottori

Lämmittimessä ilmaa liikutetaan keskipakopuhaltimella (kuva 11). Keskipakopuhallin on hihnakäyttöinen ja yksi imuaukkoinen. Hihnojen välityksellä moottorin tuottama teho siirretään puhaltimen akselille. Hihnoja on kolme kappaletta. (Söyrinki 7.11.2012, haastattelu)





**Kuva 11 Keskipakopuhallin (Fläkt Woods Oy, hakupäivä 16.4.2013)**

Keskipakopuhaltimissa ilmaa imetään akselin suunnassa siipipyörän keskiöön. Siipipyörä laittaa ilmaan liikkeelle ja ohjaa ilman poistumaan säteittäissuuntaisesti. Keskipakopuhaltimia on yksi tai kaksi imuaukkoisia. Puhaltimet ovat joko suora- tai hihnakäyttöisiä. Suorakäyttöisissä malleissa on moottorin akseli kytketty suoraan puhaltimen akselille. Hihnakäyttöisissä malleissa moottorin tuottama teho siirretään hihnojen välityksellä puhaltimen akselille. Hihnojen lukumäärä riippuu siirrettävästä tehosta. (Ziehl-Abegg AG 2013. Hakupäivä 16.4.2013)

Ilman kulku puhaltimessa aiheuttaa melua, jota poistetaan puhaltimen ympärille tehtävällä kotelolla. Haluttaessa korkea paine ja keskisuuri tilavuusvirta käytetään keskipakopuhaltimia. Keskipakopuhaltimet sopivat ilmanvaihto, jäähdytys ja ilmastointi tarkoituksiin. (Ziehl-Abegg AG 2013. Hakupäivä 16.4.2013)

Ilman liikuttamiseen käytetään myös aksiaalipuhaltimia. Aksiaalipuhaltimet soveltuvat käytettäväksi tuuletukseen, jäähdytykseen ja lämmitykseen. Aksiaalipuhaltimessa ilma virtaa pyörivien siipien läpi puhaltimen akselin suuntaisesti. Imettävä ilma virtaa tulo puolelle, josta pyörivät siivet puristavat ilman puhaltimen lävitse. Puhaltimen toisella puolen ilma poistuu akselin suuntaisesti. Aksiaalipuhaltimilla saadaan aikaan pieni paine ja suuri ilmamäärä. Lämmittimessä tarvitaan suurta painetta, jotta ilma liikkuu halutulla tavalla. Tästä syystä keskipakopuhallin on parempi vaihtoehto lämmittimen ilman liikuttamiseen. (Ziehl-Abegg AG 2013. Hakupäivä 16.4.2013)

## 7 NYKYINEN LÄMMITIN

Tehtävänäni oli suunnitella uusi lämmitin vanhan pohjalta. Ennen uuden lämmittimen suunnittelua tuli tutustua nykyiseen lämmittimeen. Nykyisestä lämmittimestä selvitin erityisesti sen toimintaperiaatteen ja rakenteen. Nykyisessä lämmittimessä oli myös muutamia ongelmakohtia, jotka haluttiin parannettavan uuteen lämmittimeen.

### 7.1 Toimintaperiaate

Lämmittimessä kierrätetään kuumaa ilmaa, joka lämmittää komposiittilevyt. Ilmaa liikutetaan keskipakopuhaltimen avulla suljetussa kanavistossa. Keskipakopuhallin puhalttaa ilman lämmittimen päälle menevään kanavaan, jossa sähkövastukset lämmittävät ilman. Lämmitetty ilma ohjataan lämmittimen päälle, josta se taas ohjataan tasaisesti lämmittimen sisälle ilmaohjaimien avulla. (Söyrinki 7.11.2012, haastattelu)

Lämmittimen sisällä on sen koko poikkipinta-alan kokoinen arina, jonka päälle komposiittilevyt asetellaan. Arina on ulosvedettävä, mikä helpottaa komposiittilevyjen laittamista ja poistamista lämmittimestä. Arinan alapuolella lämmittimen vasemmassa reunassa on imuputki, jonka kautta ilma palaa takaisin keskipakopuhaltimelle. Imuputken edessä on viisto levy, joka menee lähes lämmittimen pohjaan asti. Viisto levy on laitettu, jotta ilma ei pääse suoraan imuputkeen ja näin ollen ei lämmittäisi tasaisesti. (Söyrinki 7.11.2012, haastattelu)

### 7.2 Rakenne ja ongelmat

Lämmitin on rakennettu suoraan betonilattian päälle, eli sillä ei ole erillisiä perustuksia. Lämmittimen runko on lattaraudasta tehty kehikko, johon on kiinnitetty sähkösinkityt levyt sekä sisä- että ulkopuolelle. Seinä levyjen välissä on 50 mm:n palovillaeristys, mutta pohjassa eristys paksuus on 100 mm. Huolto ja puhdistus toimenpiteitä varten on lämmittimen etuosaan tehty huoltoluukku (kuva 12). Ongelmia puhdistuksen kannalta on aiheuttanut yläosasta puuttuva huoltoluukku. (Söyrinki 7.11.2012, haastattelu)



**Kuva 12 Nykyinen lämmitin**

Arinassa on suorakaiteen muotoinen neliöputkikehikko, jonka päälle on kiinnitetty tiheäsilmainen verkko, johon komposiittilevyt laitetaan lämmitystä varten (kuva 13). Arinan ulosvetäminen on raskasta, koska arinan kehikon takapää lepää L-profiilista tehdyn kiskon päällä. Arinan vaakatasossa pysymistä ja ulosvetämistä helpottaa sen etupäähän tehdyt jalat joissa on rullat. Ongelmia ovat aiheuttaneet arinan suhteellisen raskas ulosvetäminen, sekä arinan pienuus. (Söyrinki 7.11.2012, haastattelu)



**Kuva 13 Arina, jonka päälle on ladottu komposiittilevyjä**

Ilman virtaus lämmittimen sisällä on myös aiheuttanut päänvaivaa, sillä komposiittilevyt lämpenevät epätasaisesti. Epätasaisesti lämpenevistä komposiittilevyistä on haittaa sisustuselementtien puristusvaiheessa. Ilman epätasainen virtaus aiheuttaa myös turvallisuusriskejä, koska ilma lämmittää levyn toista laitaa enemmän ja tämä laita on hyvin lähellä haitallista lämpöhajoamisen tilaa. (Söyrinki 7.11.2012, haastattelu)

## 8 LÄMMITTIMEN SUUNNITTELU

Lämmittimen suunnittelu aloitettiin paneutumalla nykyisen lämmittimen ongelmakohtiin. Suurin ongelma aiheutui ilman epätasaisesta virtauksesta lämmittimen sisällä. Arian raskas ulosvetäminen, huoltoluukkujen puute yläosasta ja vähäinen eristys aiheuttivat myös ongelmia.

### 8.1 Ilman virtaus lämmittimessä

Ilman virtausta on hankala ennakoida ison lämmittimen sisällä, joten se tuotti minulle ongelmia. Ilman epätasaisen virtauksen koettiin johtuvan lämmittimen pohjan muodosta. Ongelmaan haettiin ensin ratkaisua muuttamalla lämmittimen ilman poistoputki keskelle pohjaa ja kallistamalla alaosan seinät ilman poistoputkea kohden. Myöhemmin huomattiin, ettei tämä ratkaisu poistaisi ongelmaa vaan voisi jopa pahentaa sitä lisäämällä ilman virtausta keskellä lämmitintä.

Seuraavaksi pohdittiin vaihtoehtoa, jossa lämmittimen pohjan keskelle tulevan ilman poistoputken päälle asetettaisiin hattu. Tätä vaihtoehtoa pidettiin hyvänä, mutta hatun koko, korkeus ja kaltevuus vaikuttavat suuresti ilman virtaukseen. Päätettiin toteuttaa jälkimmäinen vaihtoehto, mutta suunnittelussa tuli ottaa huomioon hatun mahdollinen muokkaus jälkeenpäin.

Aloitin hatun suunnittelun laskemalla lämmittimen päälle tulevan ilman poikkipinta-alan. Tarvitsin tätä tietoa, jotta saan laskettua hatun jalkojen korkeuden. Hatun haluttiin vaikuttavan mahdollisimman vähän ilman virtaukseen, joten pinta-alan mistä ilma pääsee hatun sisälle, tulee olla sama, kuin ilman poikkipinta-ala. Ennen korkeuden laskemista määritin hatun leveydeksi 2000mm ja pituudeksi 1200mm.

Ilman poikkipinta-ala

$$400\text{mm} \times 400\text{mm} = 160 \times 10^3 \text{mm}^2$$

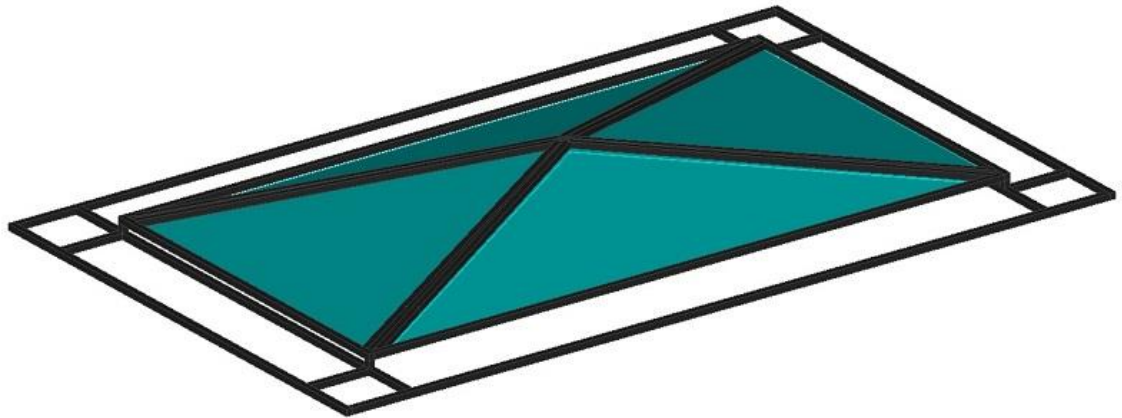
Hatun jalkojen korkeus

$$2 \times 2000\text{mm} \times x + 2 \times 1200\text{mm} \times x = 160 \times 10^3 \text{mm}^2$$

$$6800x = 160 \times 10^3 \text{mm}^2$$

$$x = 23,5\text{mm}$$

Hatun jaloista ei tullut korkeita, koska hattu on leveä ja pitkä. Hatun jalkojen korkeuden jälkeen määritin hatun korkeudeksi 150 mm. Näiden tietojen avulla piirsin hatun valmiiksi (kuva 14). Hatun jalat suunnittelin kiinnitettäväksi kehikkoon, joka pitää hatun paikoillaan lämmittimen pohjalla. Hattu ja siihen liitetty kehikko voidaan tarvittaessa poistaa alaosan huoltoluukusta. Kehikon ja hatun mahdollinen muokkaus on näin ollen helpompaa jälkeinpäin.



**Kuva 14 Hattu**

## 8.2 Arina

Arinan ulosvetämisen helpottamiseksi suunniteltiin ensin liukupaloja, jonka päällä teräskehikko liukuisi helpommin. Ongelmaksi muodostui liukupalojen vähäinen kuumuuden kestävyys. Seuraavaksi ongelmaan haettiin ratkaisua teflonista tehtävillä rullilla, jotka kiinnitettäisiin arinankehikkoon. Tässäkin ongelmaksu muodostui lämmön kestävyys. Teflonille luvattiin 250 asteen maksimilämpötila, mutta mahdollisen ilman epätaiseisen virtauksen vuoksi lämmittimessä voi olla yli 250 astetta.

Lopulliseksi ratkaisuksi muodostui arinan laakerointi. Laakereiksi valittiin kuumankestävät VA228/2Z kuulalaakerit. Laakereille annettiin ylimmäksi käyttölämpötilaksi +350 °C. Suunnittelin laakereille akselin, jonka avulla ne kiinnitetään arinan kehikkoon. Lukorenkaalla varmistetaan laakerin pysyvyys paikoillaan.

Lämmittimen arinan profiiliksi haluttiin 50 mm x30 mm x3 mm suorakaideprofiili. Tästä profiilista tehtiin arinan kehikko (Kuva 15). Kehikon sisälle kiinnitetään kaksi 5mm paksuista tukea, jotka pitävät verkon tasaisena. Arinan kehikon päälle kiinnitetään ti-

heäsilmäinen ohuesta teräslangasta tehty verkko. Laakerit asennetaan arina kehikon takaosaan. Laakereiden eteen tulevat mekaaniset stopparit, jotka estävät arinan vetämissen pois lämmittimestä.

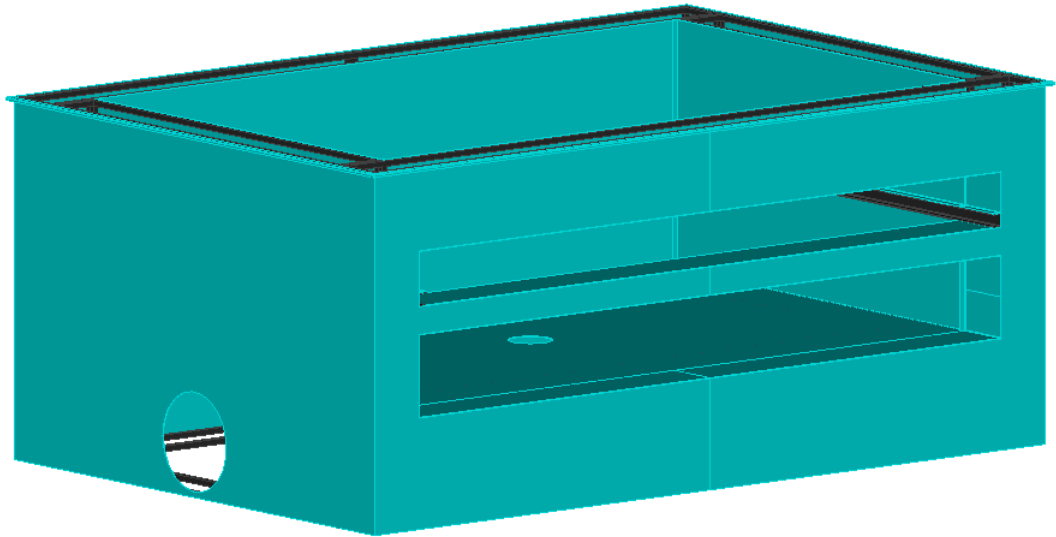


**Kuva 15 Arina**

### 8.3 Lämmitin

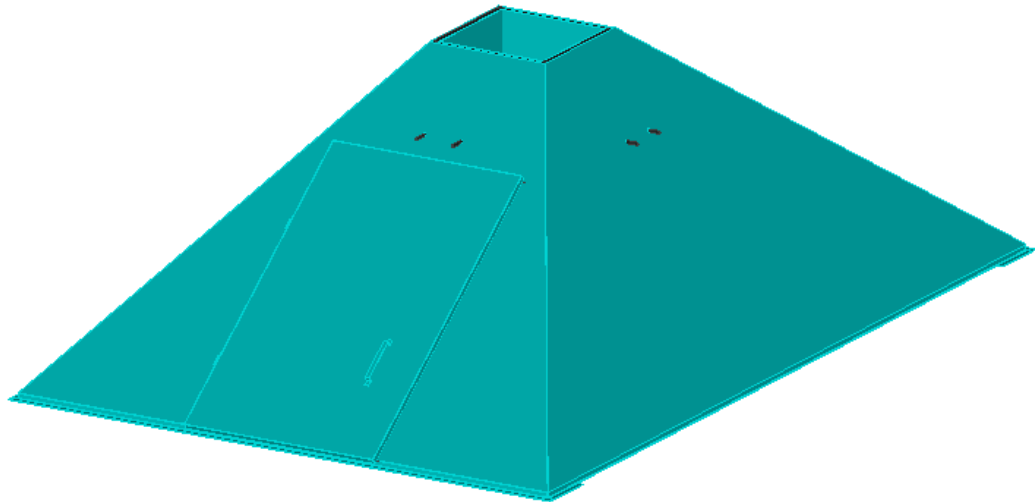
Ilman virtauksen ja arinan ongelmien ratkettua aloitin lämmittimen suunnittelun. Lämmittimelle annettiin haluttu arinan koko ja seinien eristyspaksuus. Arinan leveydeksi haluttiin 2500 mm ja syvyydeksi 1600 mm. Seinien eristyspaksuudeksi haluttiin 200mm. Näiden tietojen avulla aloin suunnittelemaan lämmittimen runkoa. Lämmittimen koon vuoksi runko koostuu ala- ja yläosasta. Lämmittimen runko on 20 mm x20 mm x2 mm neliöputkesta. Alarunkoon kiinnitettiin myös arinan laakereille U-profiili kiskot.

Lämmittimen rungon valmistuttua suunnittelin siihen tulevat pellit. Peltien materiaaliksi haluttiin sähkösinkitty teräslevy. Materiaalin hitsaus on hyvin hankalaa, joten hitsauksen määrä tuli minimoida. Levyt kiinnitetään runkoon vetoniiteillä. Alaosan pelleissä täytyi ottaa huomioon myös kanaviston putket (kuva 16).



**Kuva 16 Lämmittimen alaosa**

Alaosaan tulee yksinkertainen ruuveilla kiinnitettävä huoltoluukku. Yläosan huoltoluukut toimivat tarvittaessa räjähdysluukkuina, joten se tuli huomioida suunnittelussa. Suunnittelin yläosan luukut aukeamaan saranoiden avulla sivullepäin. Yläosan huoltoluukkuja ei kiinnitetä erikseen kiinni (kuva 17). Yläosaan suunnittelin myös sopivat ilmaohjaimet, jotka ohjaavat kanavasta tulevan ilman tasaisesti koko lämmittimeen.

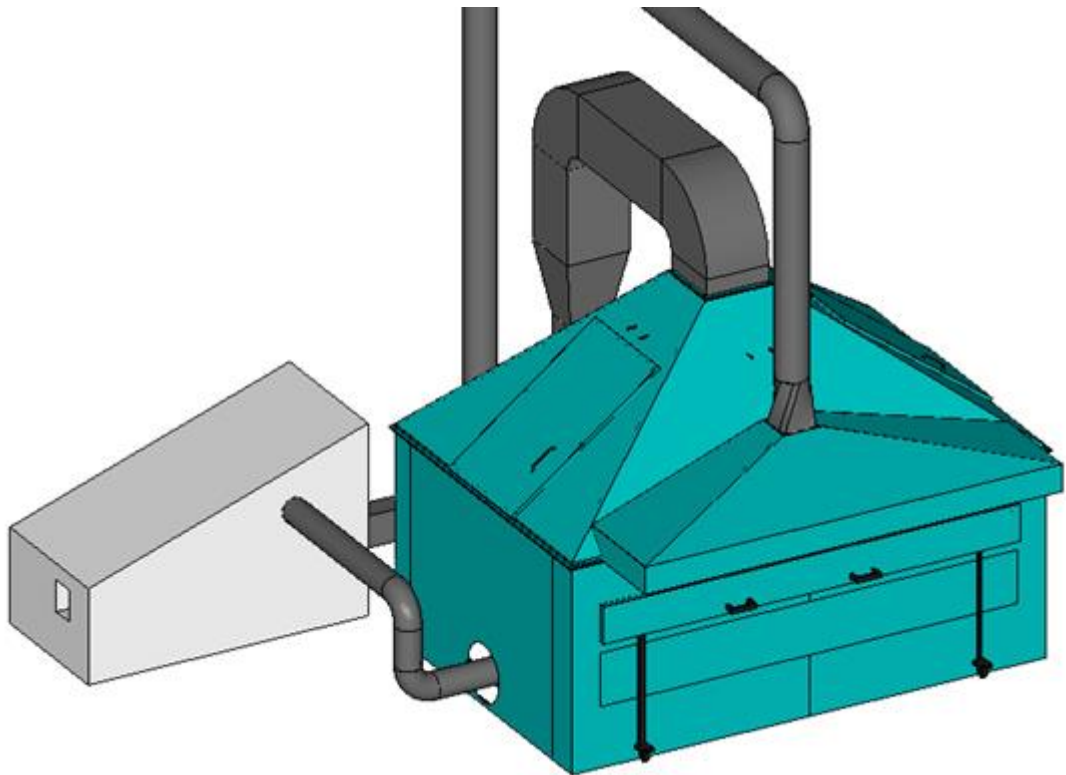


**Kuva 17 Yläosan huoltoluukut tulevat lämmittimen molemmille sivuille**

Arinan aukaisusta ajoittain tulevan savun poistoon suunnittelin arinan päälle tulevan huuvan. Huuvasta lähtee 200 mm:n poistoputki suoraan ulos. Poistokanavaan asennetaan kanavapuhallin, jotta huuva saadaan imemään savukaasut ulos.

Lopuksi suunnittelin lämmittimen tarvitseman kanaviston. Kanaviston suunnittelussa huomioin puhaltimen imu- ja poistokanavien koot. Lämmittimen taakse tulevaan kanaavaan asennettiin tarvittava määrä sähkövastuksia. Ennen sähkövastuksia kanavistosta lähtee ns. pakoputki, jossa on sulkuventtiili. Kaikki kanavat eristetään 100 mm:n eristyskerroksella.

Lopuksi viimeistelin lämmittimen ja tarkastin osien yhteensopivuuden. Lämmittimen kokoonpanossa otin huomioon moottorin ja puhaltimen tilavarauksen, johon mitoitin puhaltimen imu- ja poistoaukkojen tarkat mitat. Lämmittimen kokoonpano on esitetty kuvassa 18.



**Kuva 18 Lämmittimen kokoonpano**



## 9 TURVALLISUUS

Turvallisuusosiossa käsitellen erikseen materiaaliturvallisuutta, sisustuselementtien paloturvallisuutta ja lämmittimen käyttöturvallisuutta.

### 9.1 Materiaaliturvallisuus

Ensiaputoimenpiteitä RTC -komposiitin kontaktista normaalioloissa on kaksi. Silmäkontaktissa huuhdellaan silmät vedellä. Ihokontaktissa pyyhitään iho kostealla liinalla. Hengitettynä komposiitti ei aiheuta toimenpiteitä. (Ahlstrom Glassfibre Oy, 2001)

RTC -komposiitti ei ole helposti syttyvää. Mikäli komposiitti syttyy, on sille sopivia sammutusaineita sekä vesi että hiilidioksidisammutin. Komposiitin syttyessä on huomioitava erityisesti syntyvät myrkylliset kaasut. (Ahlstrom Glassfibre Oy, 2001)

RTC -komposiittia ei saa lämmittää lähellä 300 °C. RTC -komposiitti on tuolloin hajoamislämpötilassa, jonka seurauksena voi syntyä syttyviä ja myrkyllisiä kaasuja. (Ahlstrom Glassfibre Oy, 2001)

### 9.2 Sisustuselementtien paloturvallisuus

Sisustuselementtejä käytetään erilaisissa moottoriajoneuvoissa, joiden sisustusmateriaaleille on asetettu paloturvallisuus vaatimuksia. Vaatimuksia ovat asettaneet: Liikenne ministeriö, Suomi 1983/150. Liikenneministeriö, Suomi 1990/637. Federal Motor Vehicle Safety Standard 1971/302. (Mikkola & Ylä-Sulkava, 1995)

Vaatimuksena on sisustusmateriaalien palamisnopeus, joka ei saa ylittää annettua arvoa. Tiukin vaatimus on asetettu linja-autoissa käytettäville sisustusmateriaaleille, joka vaatii alle 100 mm/min palamisnopeuden. (Mikkola & Ylä-Sulkava, 1995)

Sisustuselementtien runkomateriaalin RTC – komposiitin vaatimuksen mukaisuus on testattu vuonna 1995. Testauksen suoritti VTT:n Paloturvallisuustekniikka. RTC – komposiitin viiden näytteen keskimääräinen palamisnopeus oli 5,4 mm/min. RTC -komposiitti läpäisi kirkkaasti vaatimukset. (Mikkola & Ylä-Sulkava, 1995)

### 9.3 Lämmittimen käyttö turvallisuus

Lämmittimen ympäristö on pidettävä puhtaana tavaroista, jotta lämmittimen ympärillä tapahtuu luonnollista ilmanvaihtoa. Ylimääräiset tavarat myös lisäävät palokuormaa. Lämmittimen ja siihen liittyvien kanavien koskemista on vältettävä käytön aikana, koska ne voivat lämmitä pitempi aikaisessa käytössä.

Lämmittimessä on ulos vedettävä arina, jonka päälle komposiittilevyt ladotaan. Arina lämpenee ollessaan lämmittimen sisällä, joten siitä voi saada palohaavan. Palohaavan välttämiseksi arinaan ei saa koskea ilman asianmukaisia suojakäsineitä. Arinaa liikutellaan vain kädensijoista.

Lämmittimen sisälämpötila ei saa olla lähellä 300 °C RTC -komposiittia lämmitettäessä, koska komposiitti on tuolloin hajoamislämpötilassa. Komposiitti voi syttyä palamaan ja aiheuttaa myrkyllisiä savuja ja kaasuja. Myrkylliset kaasut voivat reagoida ja räjähtää lämmittimen sisällä, kuten Reinor Oy:n työntekijät tietävät omasta kokemuksestaan. Aikaisemmasta räjähdyksestä selvittiin onneksi vain säikähdyksellä, mutta vakava loukkaantuminen oli lähellä. Räjähdysten seurauksena arina lensi useamman metrin päähän lämmittimestä. (Ahlstrom Glassfibre Oy, 2001; Söyrinki 7.11.2012, haastattelu)

Suunnittelin lämmittimen yläosaan huoltoluukut, jotka toimivat tarvittaessa räjähdysluukkuina. Räjähdysluukut aukeavat sivullepäin ja ne sijaitsevat lämmittimen sivuilla. Työskentely tapahtuu lämmittimen edessä, joten räjähdysluukkujen aukeamisesta ei aiheudu riskejä työskentelyalueella. Komposiitin lämmittämistä tulee valvoa huolellisesti ja erityisen tarkkana tulee olla lämmittimen sisälämpötilan pysymisestä alle 300 °C. Arinan lämpötila tulee mitata useista eri kohdista, koska näin varmistutaan lämmittimen sisälämpötilan pysymisestä alle 300 °C:ssa.

## 10 KUNNOSSAPITO

Lämmittimen ja siihen liittyvän moottorin ja puhaltimen kunnossapidolla on suuri merkitys lämmittimen toimintaan. Ennakoivilla tarkastuksilla voidaan ehkäistä laitteen rikoontuminen ja välttää suunnittelemattomia käyttökatkoksia.

### 10.1 Lämmitin

Lämmittimen sisäosa puhdistetaan 2 kertaa vuodessa, ettei lämmitin pääse likaantumaan. Lämmittimessä kiertävä ilma ottaa mukaansa epäpuhtauksia ja vie niitä mukanaan puhaltimelle. Puhaltimeen kerääntyvät epäpuhtaudet voivat haitata sen toimintaa. Puhdistuksen yhteydessä tehdään lämmittimen sisä- ja ulkopintoihin silmämääräinen kunnon tarkistus. Lämmittimen vaurioituneet pinnat korjataan, jotta lämmittimen eristävyys pysyy. Sähkövastusten kunto ja toiminta tarkastetaan vuoden välein. Vioittuneet sähkövastukset vaihdetaan uuteen.

Arinassa on kaksi VA228/2Z laakeria, jotka on tarkoitettu korkeisiin lämpötiloihin. VA228/2Z on kuivavoitelulaakeri, jossa on grafiitti häkki. Grafiitti ei vapauta haitallisia höyryjä laakerille annetussa lämpötilarajoissa. Laakerin alin käyttölämpötila on  $-150^{\circ}\text{C}$  ja ylin käyttölämpötila  $+350^{\circ}\text{C}$ . Laakerissa on kaksi suojakilpeä, jotka suojaavat laakeria molemmin puolin. Laakeria ei ole suunniteltu uudelleen voideltavaksi. Kuivavoiteluainetta voi irrota pieniä palasia ja hetkellisesti lisätä melua ja tärinää, mutta se ei vähennä laakerin kestoikää. (SKF Group. Hakupäivä 16.4.2013)

### 10.2 Moottori ja puhallin

Puhallin ja moottori tulee puhdistaa puolen vuoden välein. Hihnat tarkistetaan silmämääräisesti kolmen kuukauden välein. Laakerit huolletaan valmistajan antamien ohjeiden mukaan. Puhaltimen ja moottorin ilman vaihdosta ja puhtaudesta on pidettävä huolta, ettei tapahdu ylikuumentumista.

Hihnojen tarkistuksen yhteydessä löydetty halkeamat ja kulumat, edellyttävät kaikkien hihnojen vaihtoa kerralla. Tarvittaessa hihnat myös pyyhitään kuivalla kankaalla puhtaaksi. Hihnat eivät myöskään saa olla öljyisiä eivätkä rasvaisia. Hihnat vaihdetaan ja tarkastetaan valmistajan antamien ohjeiden mukaan.

## 11 POHDINTA

Pidän itse suunnittelemisesta, joten otin ilomielin vastaan minulle tarjotun Lämmittimen suunnittelu -opinnäytetyön. Aihe oli mielenkiintoinen ja sopivan haastava. Itse suunnitteluprosessi lähti hitaasti liikkeelle, mutta nopeutui loppua kohti. Suunnittelussa koin haastavaksi etsiä sopivia ratkaisuja, jotka kestäisivät lämmittimen käyttöolosuhteet. Lämmittimen suuri koko aiheutti myös päänvaivaa, etenkin levyjen suunnittelun osalta.

Lämmittimen arinan liikkuvuutta parannettiin laakeroinnilla, mitä pidän parhaimpana vaihtoehtona lämmittimen käyttöolosuhteisiin nähden. Laakerit kulkevat U-profiilikiskojen sisällä, jotta vältettäisiin epäpuhtauksien kerääntymiseltä laakerin kulkupinnalle. Lämmittimen sisällä olevan lämmitysilman ohjaamisen koin haasteellisena ja tähän oman haasteensa toi myös lämmittimen suorakaidemuoto. Lämmitysilmaa ohjaa lämmittimen sisällä sekä ylhäällä olevat ilmaohjaimet että imuaukon päällä oleva hattu. Yläosaan tulevien ilmaohjaimien kulmaa on mahdollista säätää tarpeen mukaan. Lämmittimen pohjalle tulevan hatun toimivuutta on hankala ennakoida, joten suunnittelin hatusta jälkeenpäin muokattavan.

Lämmittimen suunnittelun päästessä hyvään vauhtiin aloin myös miettimään työni teoriaosuutta. Teoria osuuden haasteet tulivat sisustuselementeissä käytettävien materiaalien ja ilmalämmityksen tutkimisesta. Sisustuselementtien materiaaleista saamani tieto oli lähes kokonaan englannin ja ruotsin kielellä, joten kääntämiseen ja tiedon ymmärtämiseen meni kohtalaisen kauan aikaa. Ilmalämmityksen teoria osuutta pidin vaikeana, koska lämmittimessä kiertää lähes 300 °C:inen ilma. Ilman lämmityksen teoriaa löytyi lähestulkoon vain talojen ilmanvaihdesta, joissa käytetään huomattavasti alhaisempia lämpötiloja.

Kaiken kaikkiaan pidin opinnäytetyötäni opettavaisena, koska työ tarjosi paljon uutta opittavaa. Tulevaisuudessa uskon hyötyväni opinnäytetyöstäni ja sen tekemisestä kerääntyneistä tiedoista.

## LÄHTEET

- Ahlstrom Glassfibre Oy, Material Safety Data Sheet for Nonwovens 27.6.2001.  
 Ahlstrom Glassfibre Oy, Technical data for Reinforced Thermoplastic Composite 29.11.2011.
- Fläkt Woods Oy. Hakupäivä 16.4.2013.  
<http://www.flaktwoods.fi/0df04432-5437-487d-a5d1-dfdea481b098>
- Gislaved Folie AB, Technical Data Sheet 8705 TPO-foil laminated to PE-foam 6.7.2007.
- Gislaved Folie AB, Varuinformationsblad 8705 laminerad med PE-skum 22.11.2001.
- Mikkola, Esko & Ylä-Sulkava, Tuula, 1995. Research report No. RTE11507a/95:E. VTT Building Technology.
- Lupa raportin käyttämiseen on saatu:  
 Mikkola, Esko, johtava tutkija, VTT Re: Tutkimusraportin käyttö opinnäytetyöni liitteenä. Sähköpostiviesti Kaisa.Tervahauta@edu.tokem.fi 5.4.2013.
- Muovityöstö Kivelä Oy 2011. Hakupäivä 14.3.2013.  
 <[http://www.muovityosto.fi/index.php?page=shop.product\\_details&flypage=flypage\\_images.tpl&product\\_id=26&category\\_id=6&option=com\\_virtuemart&Itemid=54](http://www.muovityosto.fi/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage_images.tpl&product_id=26&category_id=6&option=com_virtuemart&Itemid=54)>
- Oy Callidus Ab. Hakupäivä 16.4.2013.  
 <<http://callidus.fi/fi/lammitys/tuotteet/sateilylammitimet>>
- Reinor Oy, Hakupäivä 13.3.2013.  
 <<http://reinor.fi/index.php?id=107&lang=fi>>
- Seppänen, Olli, 2001. Rakennusten lämmitys. Jyväskylä: Suomen LVI-liitto ry.
- SKF Group. Hakupäivä 16.4.2013.  
 <[https://secure.skf.com/binary/12-108517/SKF-dry-lubricated-bearings---11358\\_3\\_EN.pdf](https://secure.skf.com/binary/12-108517/SKF-dry-lubricated-bearings---11358_3_EN.pdf)>
- Söyrinki, Ahti, toimitusjohtaja, Reinor Oy, haastattelu 7.11.2012.
- Wärtsilän teknillinen oppilaitos Teknologiapalvelut, Vaimennuskytutkimus 100 mm vaaho+RTC+huopa, 25.10.1993.
- Ziehl-Abegg AG 2013. Hakupäivä 16.4.2013.  
 <<http://www.ziehl-abegg.com/fi/fans-product-groups.html> >

## LIITTEET

Liite 1. Lämmitin kokoonpano, valmistuskuva.

Liite 2. Alaosan alikokoonpano, valmistuskuva.

Liite 3. Alaosan alikokoonpano, kuva.

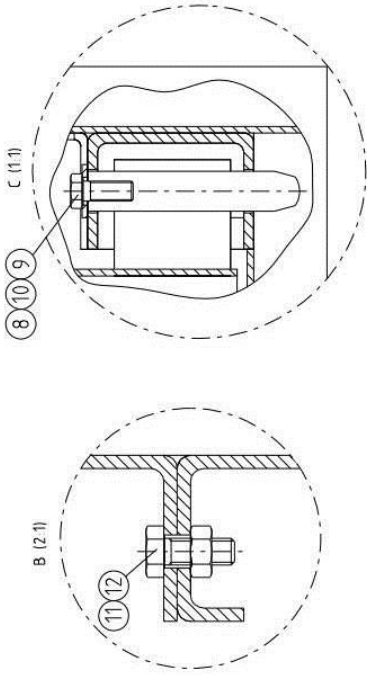
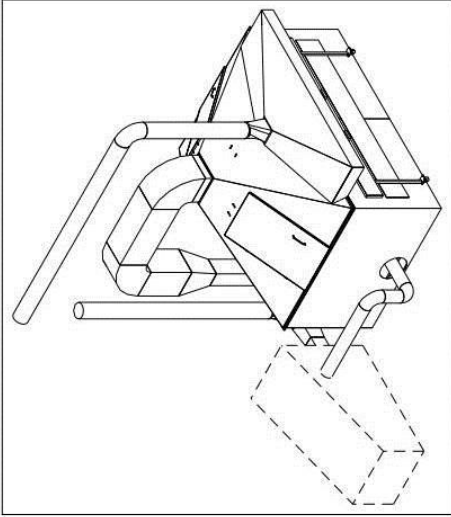
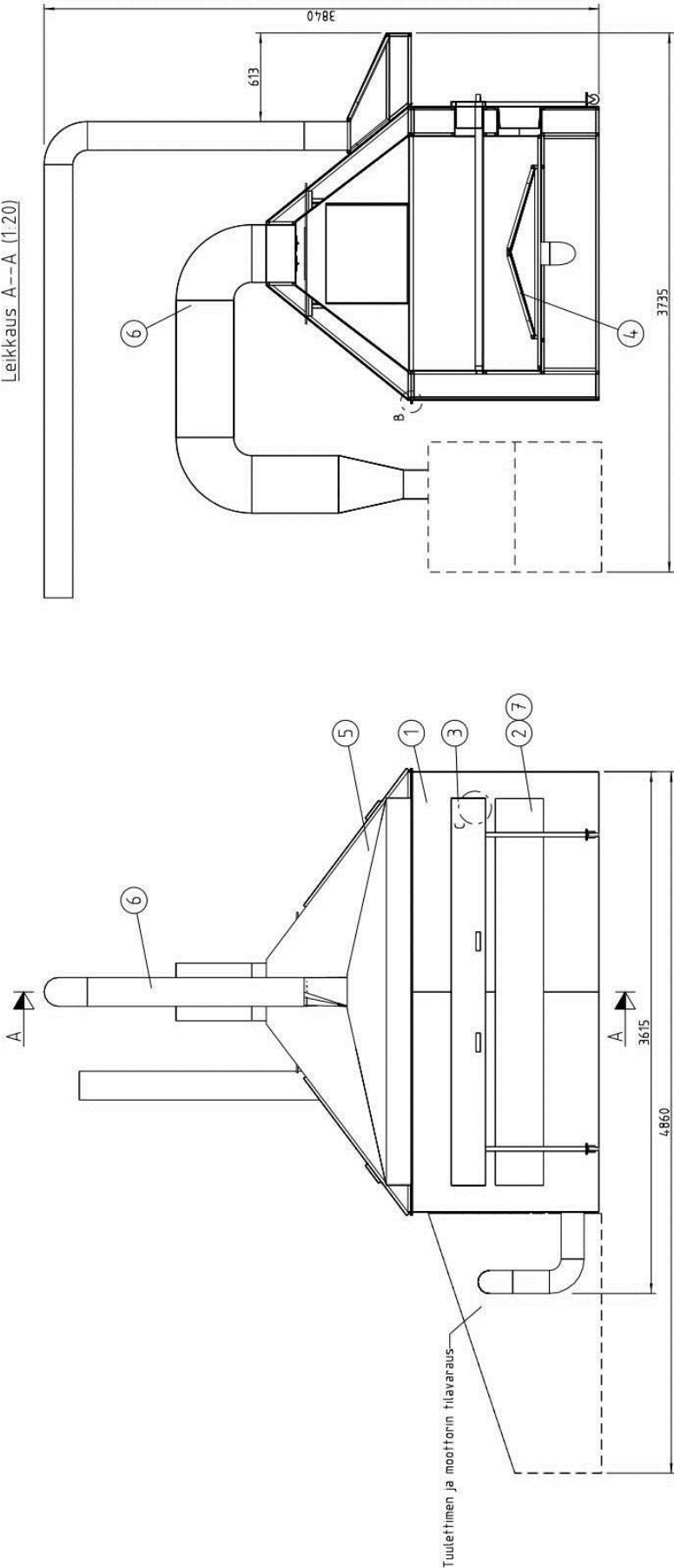
Liite 4. Arinan alikokoonpano, valmistuskuva.

Liite 5. Arinan alikokoonpano, kuva.

Liite 6. Yläosan alikokoonpano, valmistuskuva.

Liite 7. Kanavisto, valmistuskuva.

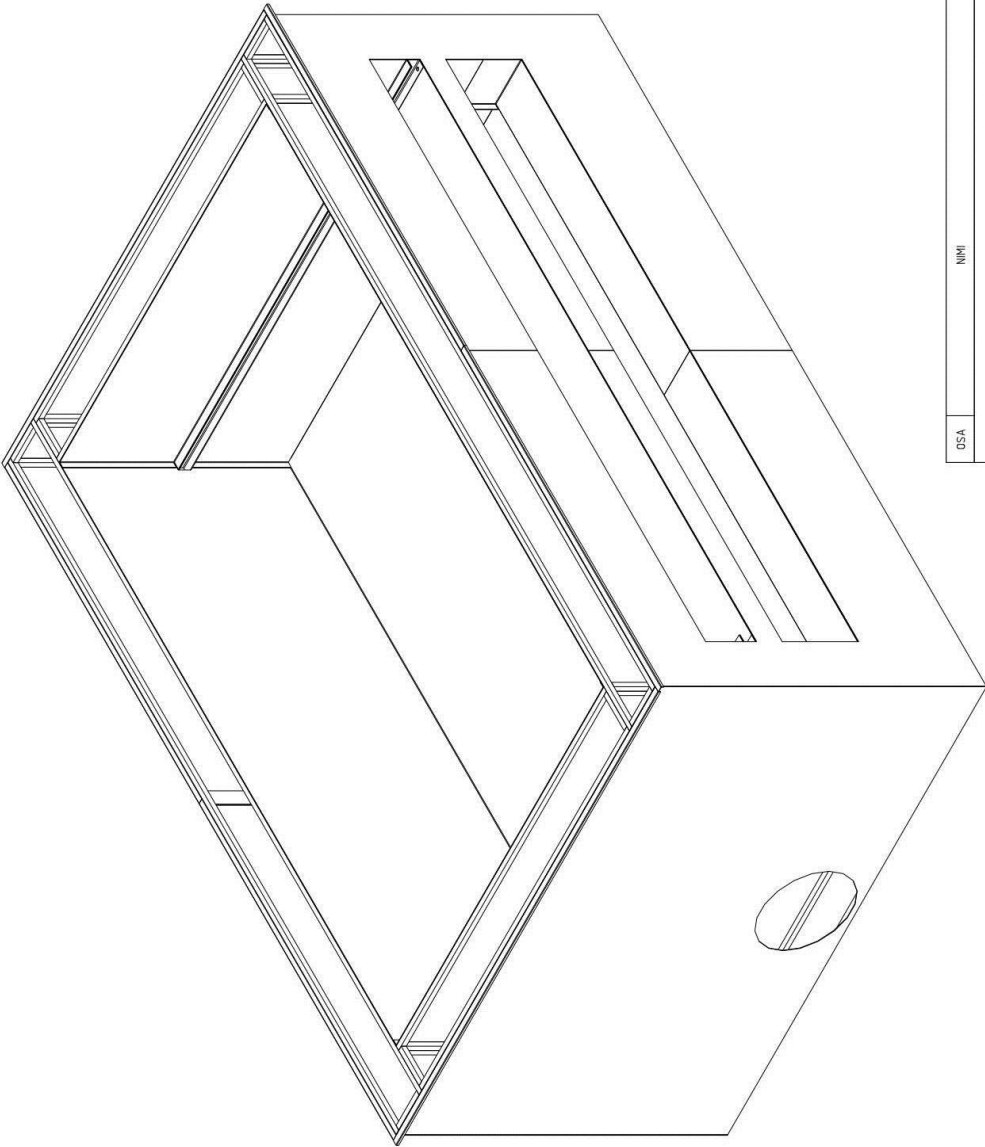
Leikkaus A--A (1:20)



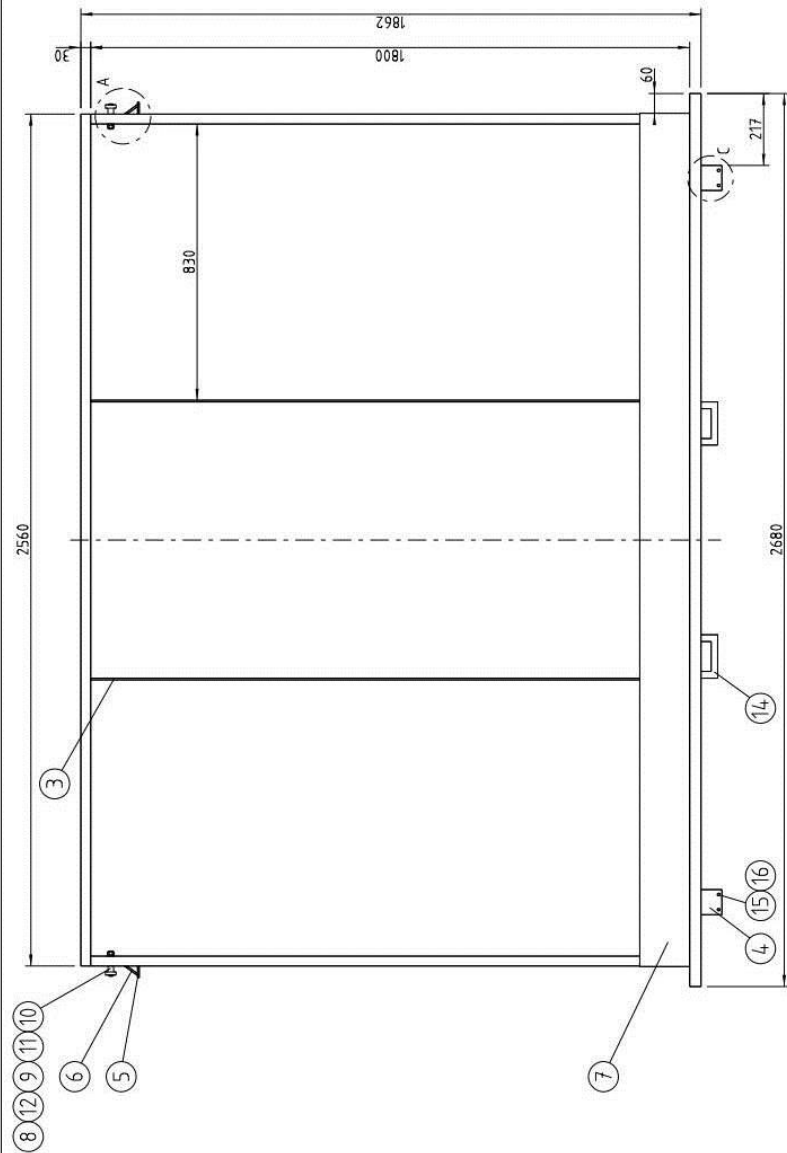
12	Kuusiomutteri M4x3,2	Zn	DIN 934	50
11	Kuusioruuvi M4x10	Zn	DIN 933	50
10	Alustaattia Bx1,6	Zn	ISO 7089	2
9	Kuusioruuvi M6x10	Zn	DIN 933	2
8	Lierosokka M12x60		DIN 7990	2
7	Poraruuvi 4,2x32	Zn	DIN 7504	36
6	Kanavisto		1016	1 52
5	Yläosan alikokooppa		1010	1 721
4	Pohjahattu		1009	1 81
3	Anna		1007	1 78
2	Alaosan huolteluuku		1006	1 45
1	Alaosa		1001	1 740
PAAKKA-JÄNE				
SUUNNITTELU/PÄIVÄLY				
Kaisa Tervahauta				
PÄIVÄMÄÄRÄ				
8.5.2013				
Lammitin		LEIKEY	Lammitin	A2
Kokooppa		PAINO KG	1717	REVISIO
		PAINO MG	120	1



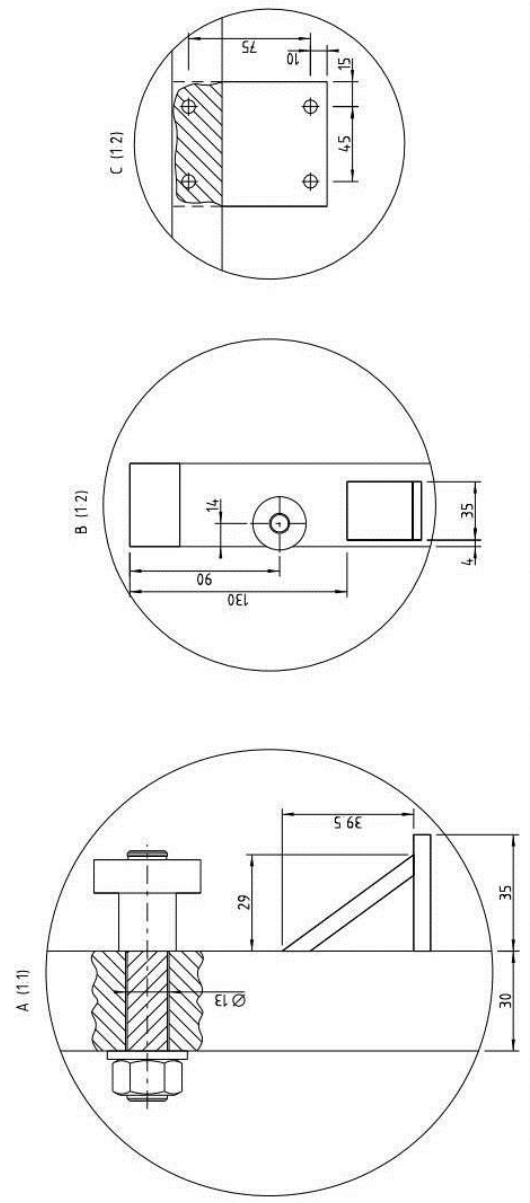


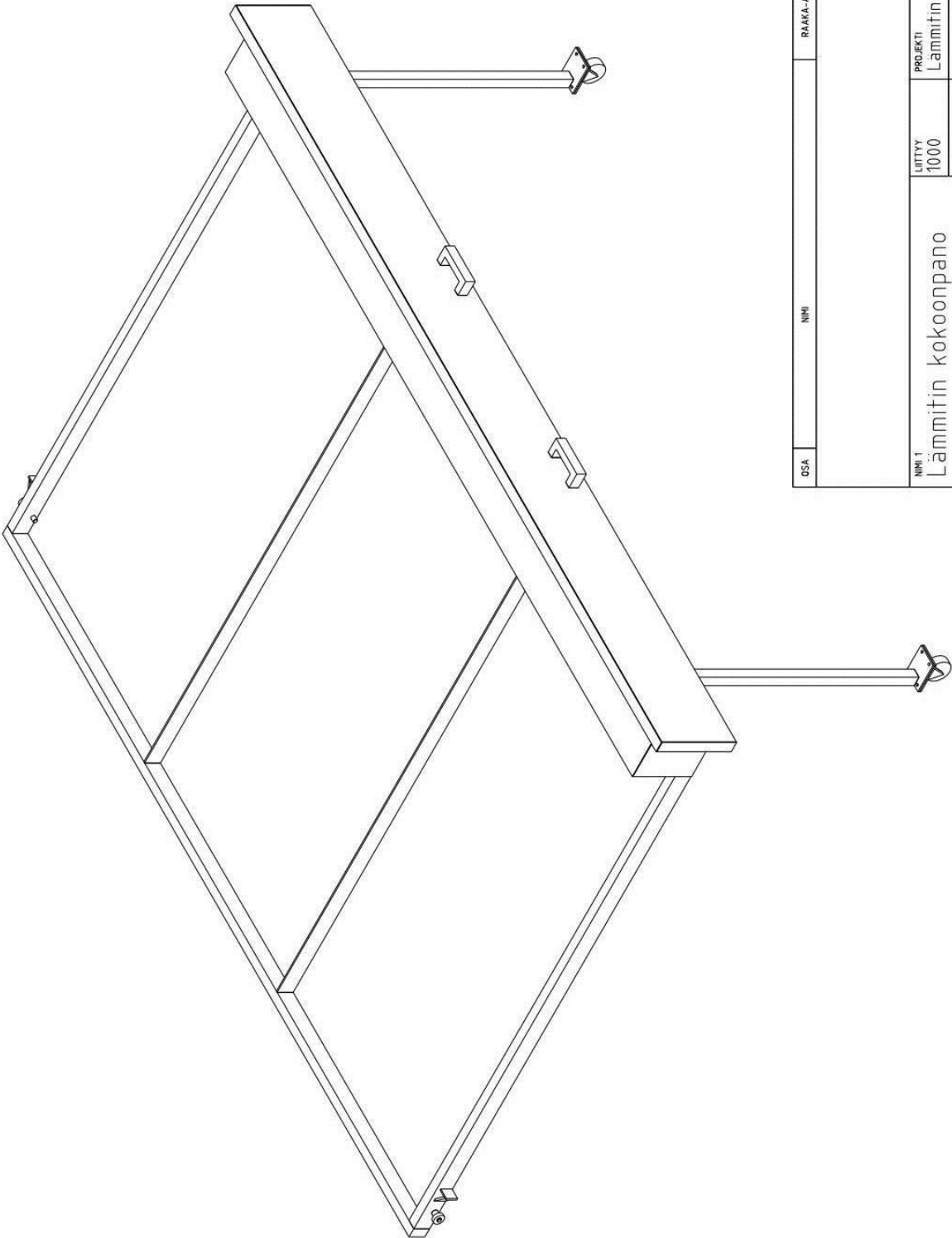


OSA	NIMI	PAKKA-ANNE	PIIR/STANDARDI	KPL	PAINO KG
			SUUNNITTELIJA/PIIRTÄJÄ		
			Kaisa Tervahauta		
			PÄIVÄMÄÄRÄ		
			1.5.2013		
NIMI 1	Lämmitin kokoonpano	LITTYY	PROJEKTI		
		1000	Lämmitin		
NIMI 2	Alaosa	PAINO KG	PIIRTOSUHDE	PIIR-NRO	REVISIO
			1:15	1001	1
			A3		



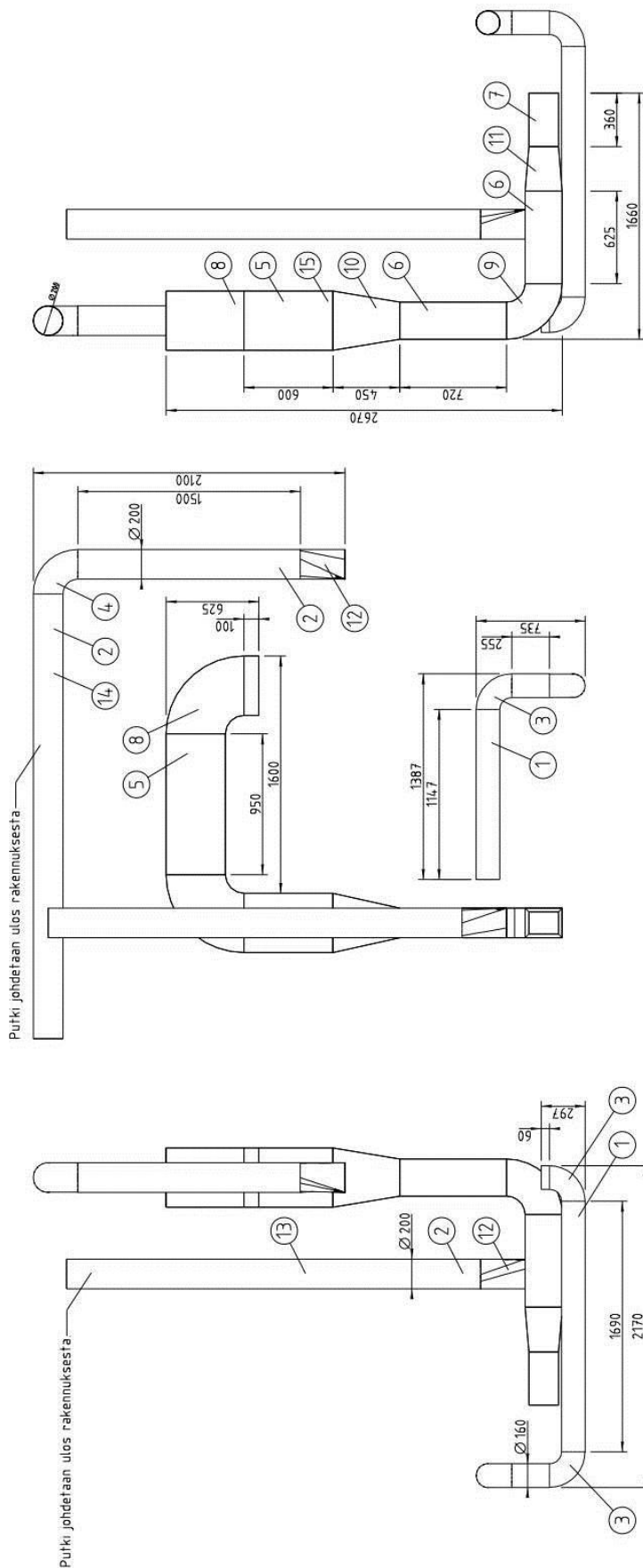
17	Kiivillälevy 100mm 1m <sup>2</sup>	Kiivillä	EN 14303	ERA4
16	Kuusiomutteri M6x3,2	Zn	DIN 4036	8
15	Kuusiokuuvi M6x25	Zn	DIN 4017	8
14	Kahva			2
13	Kintopyörä YP-70 N		ETRA	2
12	Pöytärengas 12x1	St	DIN 471	2
11	Alustaatta 12x2,5	Zn	ISO 7089	2
10	Kuusiomutteri M12x10	Zn	DIN 4032	2
9	Urakulalaakeri 6201-2Z/VA228		ETRA	2
8	Laakern akseli		1008	2
7	Galvanoitu pelti 2mm 2,5m <sup>2</sup>	DX51D	EN 10346	ERA40
6	Levy 5mm 35x50mm	S235	EN 10025	2
5	Levy 5mm 35x35mm	S235	EN 10025	2
4	Levy 5mm 75x95mm	S235	EN 10025	2
3	Levy 5mm 50x1800mm	S235	EN 10025	2
2	Huonekaluputki 30x30x2mm 1,5m	S235	EN 10130	ERA3
1	Huonekaluputki 50x30x2mm 9m	S235	EN 10130	ERA21
01A		RAKKA-ANE		
SUORITUSMÄÄRÄT				
Kaisla Tervahauta				
PÄIVÄMÄÄRÄ				
2.5.2013				
LAMMITIN KOKOONPANO				
Lammitin				
PÄIVÄMÄÄRÄ				
78				
PÄIVÄMÄÄRÄ				
1.10				
1007				
A2				





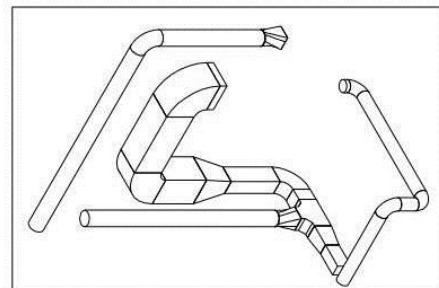
OSA	NIMI	RAAKA-ANNE	PIIR/STANDARDI	KPL	PAINO KG
			SUUNNITTELIJA/PIIRTÄJÄ		
			Kaisa Tervahauta		
			PÄIVÄMÄÄRÄ		
			2.5.2013		
NIMI 1	Lämmitin kokoonpano		PROJEKTI	A3	
			Lämmitin		
NIMI 2			PIIR NRO	REVISIO	
Arina			1:10	1007	1
LITTYV		1000			
PAINO KG					
A3					
REVISIO					
1					





Kanavat eristetään kivivillalla 100mm eristyspaksuudella

15	Kanavälämmitin 400x400mm	DX51D/Rst	1
14	Kanavapuhallin	DX51D	1
13	Saattopelti Ø200mm	EN 10327	1
12	Muuntosylide 200x200mm/Ø200mm	EN 10327	2
11	Muuntosylide 250x200mm/200x150mm	EN 10327	1
10	Muuntosylide 400x400mm/250x200mm	EN 10327	1
9	Kulma 250x200mm 90°	EN 10327	1
8	Kulma 400x400mm 90°	EN 10327	2
7	Suorakaidekanava 200x150mm 0,5m	EN 10327	ERA1
6	Suorakaidekanava 250x200mm 1,5m	EN 10327	ERA2
5	Suorakaidekanava 400x400mm 1,7m	EN 10327	ERA3
4	Kayra Ø200mm 90°	EN 10327	1, 2
3	Kayra Ø160mm 90°	EN 10327	3, 2, 4
2	Ilmastointikanava Ø200mm 8m	EN 10327	ERA1
1	Ilmastointikanava Ø160mm 3,3m	EN 10327	ERA7
OTA	mm	RAKA-JÄNE	OTL PAINO KG
SUORITUSKÄSIKIRJA			
Kaisa Tervahauta			
PÄIVÄMÄÄRÄ			
8.5.2013			
MM 1	Lammitin kokoonpano	LUTTY 1000	PROJEKTI
MM 2	Kanavisto	PAINO KG	LÄMMITIN
		52	1.20
			1016
			1



Malikuva